

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

**Realizace výukového modelu
vybaveného benzínovým spalovacím
motorem**

Realization of a Demonstration Model
Equipped with a Gasoline Internal
Combustion Engine

Student:

David Janota

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Pavlík, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **David Janota**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma: Realizace výukového modelu vybaveného benzínovým spalovacím motorem
Realization of a Demonstration Model Equipped with a Gasoline Internal Combustion Engine

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte řez benzínovým spalovacím motorem za účelem vytvoření výukového modelu. Součástí práce bude také návrh mobilního nosného rámu umožňujícího přemístění modelu v rámci laboratoře.

Práce bude obsahovat:

1. Rešerše v oblasti konstrukce spalovacích motorů pro mobilní aplikace.
2. Technická specifikace daného spalovacího motoru.
3. Návrh na provedení řezu jednotlivými vybranými částmi motoru.
4. Návrh mobilního nosného rámu vč. výkresové dokumentace.
5. Realizace mobilního nosného rámu a vybraných řezů motorem.

Seznam doporučené odborné literatury:

KYSELA, Ladislav a Jiří TOMČALA. Špalovací motory II. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0628-2.

VLK, František. Vozidlové spalovací motory. Brno: F. Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.

HROMÁDKO, Jan. Špalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

Technická dokumentace konkrétního motoru.

STONE, Richard. Introduction to internal combustion engines. 3rd ed. Warrendale, Pa.: Society of Automotive Engineers, c1999. ISBN 978-0768004953.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

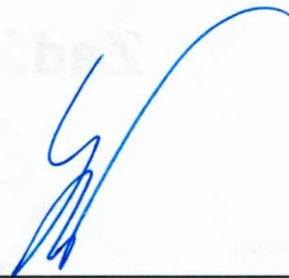
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Pavlík, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry

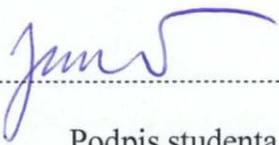


prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 14.května 2019



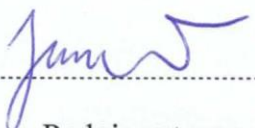
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 14. května 2019.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

David Janota

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Zahradní 517

753 61 Drahotuše

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JANOTA, D. *Realizace výukového modelu vybaveného benzinovým spalovacím motorem: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2019, 45 stran. Vedoucí práce: Pavlík, P.

Bakalářská práce se zabývá realizací výukového modelu spalovacího motoru 1.0 TSI. V úvodu jsou popsány základní druhy a princip spalovacích motorů pro mobilní využití včetně technické specifikace řešeného motoru. Následuje návrh provedení řezu jednotlivých komponentů a návrh mobilního nosného rámu pro uchycení motoru. Závěr práce se zabývá samotnou praktickou realizací a nastiňuje případného vylepšení výukového modelu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

JANOTA, D. *Realization of a Demonstration Model Equipped with a Gasoline Internal Combustion Engine: Bachelor Thesis*. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2019, 45 p. Thesis head: Pavlík, P.

The bachelor thesis deals with the implementation of the educational model of the combustion engine 1.0 TSI. The introduction describes the basic types and principles of combustion engines for mobile use, including the technical specification of the engine. The following is a design of the cut of individual components and a design of a mobile supporting frame for motor mounting. The conclusion of the thesis deals with the practical implementation itself and outlines the possible improvement of the educational model.

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	9
1. Úvod.....	10
2. Teorie spalovacích motorů.....	11
2.1 Definice spalovacího motoru.....	11
2.2 Historický vývoj spalovacích motorů.....	11
2.3 Rozdělení spalovacích motorů.....	12
2.4 Čtyřdobý motor.....	14
2.5 Dvoudobý motor.....	15
2.6 Pracovní oběhy spalovacích motorů.....	16
Ideální oběh zážehového motoru.....	17
Skutečný oběh čtyřdobého zážehového motoru.....	17
3. Popis a charakteristika řešeného motoru 1.0 TSI 70 kW.....	19
3.1 Parametry motoru 1,0 TSI 70 kW.....	19
3.1.1 Popis vybraných částí motoru.....	20
Blok válců.....	20
Turbodmychadlo.....	21
Chlazení plnicího vzduchu.....	21
Hlava válců a skříň vačkových hřídelů.....	22
Palivová soustava.....	22
Klikový mechanismus.....	22
Olejové čerpadlo.....	23
4. Teoretický návrh řešení výukového modelu.....	25
4.1 Návrh řezů motoru.....	25
Návrh řezu bloku motoru.....	25
Návrh řezu hlavy válců.....	26

Návrh řezu vačkové skříně	27
Návrh řezu olejové vany	27
Návrh řezu přítlačného talíře spojky	28
Návrh řezu těla vodního čerpadla.....	29
Návrh řezu držáku motoru.....	29
4.2 Návrh mobilního nosného rámu	30
5. Realizace výukového modelu	32
Realizace řezu bloku motoru.....	32
Realizace řezu hlavy válců	33
Realizace řezu vačkové skříně	33
Realizace řezu olejové vany	34
Realizace řezu přítlačného talíře spojky.....	34
Realizace řezu těla vodního čerpadla	35
Realizace řezu držáku motoru	35
5.2 Realizace mobilního nosného rámu a uchycení motoru	36
6. Návrhy na vylepšení výukového modelu	38
Závěr.....	39
Seznam použité literatury	40
Seznam obrázků a tabulek.....	41
Seznam příloh.....	42

Seznam použitých zkratk

Closed-deck	Blok motoru s uzavřeným chladícím prostorem
CNG	Stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)
Downsizing	Snižování objemu motoru při zachování výkonu velkoobjemového motoru
LPG	Rafinernský ropný plyn (Liquified Petroleum Gas)
Open-deck	Blok motoru s otevřeným chladícím prostorem
PVC	Polyvinylchlorid
TSI	Přepřňovaný motor s přímým vstřikem paliva (Turbo Stratified Injection)
Wastegate	Obtoková klapka turbodmychadla

1. Úvod

Spalovací motory prošly od počátku až do nynější doby výraznými úpravami a vylepšeními za cílem zvýšení účinnosti a snížení spotřeby paliva. Je třeba také splňovat emisní limity, které bývají rok co rok přísnější na maximální množství emisí vypuštěných do ovzduší. Automobilky se v posledních letech uchylují k tzv. downsizingu, tedy ke snižování objemu motoru, kde za pomoci přeplňování a přímého vstřiku paliva se snaží zachovat výkon velkoobjemového motoru. Toto řešení vede k menší spotřebě paliva a menším emisím. Přeplňované motory se v konstrukci příliš neodlišují od klasických atmosférických, avšak nacházíme na nich spoustu sofistikovaných systémů, které již nemusí být tak snadné k pochopení. Jednoduché výukové modely spalovacích motorů v měřítku sice vysvětlí základní princip funkce motoru, ale nekladou moc velký důraz na příslušenství motoru.

K výchově nových odborníků na problematiku spalovacích motorů je potřeba kvalitních didaktických pomůcek, které jim umožní podrobně se seznámit s určitým typem motoru. Mezi takovou didaktickou pomůcku se zcela jistě řadí skutečný motor, který je vhodně upraven tak, aby se dosáhlo co největší názornosti a pochopitelnosti při seznamování s motorem.

Moje bakalářská práce se zabývá realizací právě takového výukového modelu. Výukový model bude vytvářen z nejnovějšího zážehového přeplňovaného motoru 1.0 TSI 70kW od společnosti Škoda Auto, který se montuje do posledních modelů jejích automobilů. Cílem práce bude navrhnutí vhodných řezů důležitých částí motoru a jejich samotná realizace. Po provedení řezů navrhnu a sestrojím mobilní nosný rám, na který motor uchytím.

2. Teorie spalovacích motorů

2.1 Definice spalovacího motoru

„Spalovací motor je tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a využitím vhodného plynného média ji převádí na mechanickou práci. Energie plynného média je využívána buď jako potenciální energie (tlak) u pístových spalovacích motorů, nebo jako energie ". [3]



Obrázek 2.1 - Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru [5]

2.2 Historický vývoj spalovacích motorů

Již v roce 1680 pracoval s myšlenkou spalovacího motoru na střelný prach Nizozemec Christiaan Hyugens. Motor nebyl nikdy realizován v praxi. Princip funkce tohoto motoru měl být takový, že při explozi malého množství střelného prachu dojde k vyhnání vzduchu z válce a při ochlazení se vytvoří podtlak, což způsobí pohyb pístu. Hyugensův asistent, Francouz Denis Papin později zjistil, že za cílem vytvoření podtlaku je lepší místo střelného prachu vpustit do válce páru a tu nechat zkondenzovat. [1,2]

Tento koncept byl dále využit Angličanem Thomasem Newcomem, který v roce 1712 postavil první atmosférický parní stroj s 1 % účinností a výkonem 6 koní. Následující vývoj atmosférických parních strojů a pozdějších vysokotlakých parních strojů zastínil vývoj spalovacích motorů na téměř další 2 století. Zásadní vylepšení parního stroje přinesl skotský vynálezce James Watt, který navrhl oddělení kondenzace do zvláštního prostoru mimo válec, což snížilo ochlazování válce a tím se zvýšila účinnost stroje. [1,2]

První plynový motor, který se dostal do sériové výroby byl postaven v roce 1860 Francouzem Lenoirem. Konstrukčně byl odvozen z dvojčinného parního stroje. Jako palivo sloužil svítiplyn. Mezi jeho přednosti patřily malé rozměry, tichý chod a okamžité uvedení

do provozu. Jeho nedostatky spočívaly ve vysoké spotřebě plynu a nízké účinnosti, která činila asi 4 %. [1,2]

Dalším významným krokem ve vývoji spalovacích motorů byl Otto-Langenův spalovací motor, vyrobený roku 1866. Motor v porovnání s Lenoireovým motorem vykazoval poloviční spotřebu. Na druhou stranu byl horší po stránce konstrukce a spolehlivosti. Otto si později v roce 1876 nechal patentovat jeho čtyřtákní motor, který měl oproti předchozímu motoru třikrát větší účinnost a tišší chod. Tento motor se stal historickým předchůdcem současných čtyřdobých spalovacích motorů. [2,5]

V roce 1878 vyvinul skotský inženýr Dugald Clerk první dvoudobý spalovací motor. Tento motor využíval dvou válců, jeden pracovní a druhý takzvaný „čerpací“ válec, který plnil pracovní válec čerstvou směsí a vytlačoval z něj směs spálenou. Přívod a odvod směsi zajišťoval sací a výfukový ventil. První bezventilový dvoudobý spalovací motor vynalezl anglický vynálezce Joseph Day v roce 1889, jehož koncept se využívá až do dnešní doby. [1,15]

Za tvůrce vznětových motorů je považován Němec Rudolf Diesel, který obdržel patent na svůj motor v roce 1892. V roce 1893 vytvořil první prototyp motoru, který byl poháněn uhelným prachem. Tento motor po několik let vylepšoval, uhelný prach byl nahrazen benzínem a bylo přidáno vodní chlazení. Později byl benzín nahrazen petrolejem pro klidnější chod motoru. Finální verzi motoru představil v roce 1897. Motor měl na tehdejší dobu bezkonkurenční účinnost, která byla kolem 26 %. Nevýhody spočívaly ve velkých rozměrech a hmotnosti motoru. Až náhrada kompresoru za vstříkovací čerpadlo dovolila zmenšení velikosti a hmotnosti natolik, že motor mohl být použit i ve vozidle.[5]

2.3 Rozdělení spalovacích motorů

Spalovací motory je možné rozdělovat z celé škály hledisek, mezi základní rozdělení patří:

Podle způsobu přenosu tepelné energie

- **Motory s vnitřním spalováním**

Spalování probíhá uvnitř pracovního válce. Pracovní látkou jsou přímo produkty spalování.[5]

- **Motory s vnějším spalováním**

Spalování probíhá mimo pracovní válec, jako pracovní médium slouží pára, vzduch, nebo jiné plyny. Mezi tyto motory patří parní stroj, nebo taky Stirlingův motor.[5]

Podle způsobu přeměny tepelné energie na mechanickou práci

- **Pístové spalovací motory**

Pracují buď s vratným nebo rotačním pohybem pístu, je využívána především potenciální energie spalin.[3]

- **Turbínové spalovací motory**

Kinetická energie spalin se v turbíně přeměňuje na mechanickou práci.[4]

- **Proudové spalovací motory**

Využívají reakční síly vytékajících spalin, které proudí vysokou rychlostí z výstupní trysky motoru. [5]

Podle druhu paliva

- **Pevná**

Používá se pro motory s vnějším spalováním, jako je například parní stroj. Speciální případ použití pevného paliva lze nalézt v raketových motorech, které slouží jako urychlovací bloky raketoplánů. [7,13]

- **Kapalná**

Patří mezi nejpoužívanější typ paliva. Mezi jeho výhody patří snadná skladovatelnost a dopravitelnost. Vytvoření směsi vzduchu a paliva je však náročnější na přípravu oproti palivům plyným. Kapalná paliva lze rozdělit na lehká a těžká. Mezi lehká paliva patří například benzín a petrolej. Do paliv těžkých řadíme naftu nebo mazut.[4]

- **Plynná**

Plynná paliva se velmi dobře směšují se vzduchem, a tím jsou teoreticky jedny z nejvhodnějších motorových paliv. Mezi jejich nevýhody patří složitější skladování. Pro osobní automobily jsou poslední dobou hojně využívány zkapalněné ropné rafinerské plyny, známe též jako LPG, nebo stlačený zemní plyn pod označením CNG. [4,6]

Podle způsobu zapálení směsi

- **Zážehový motor**

Směs paliva je zapálena za pomoci zapalovací svíčky. Palivem tohoto typu motoru je benzín, líh a plynná paliva. [3]

- **Vznětový motor**

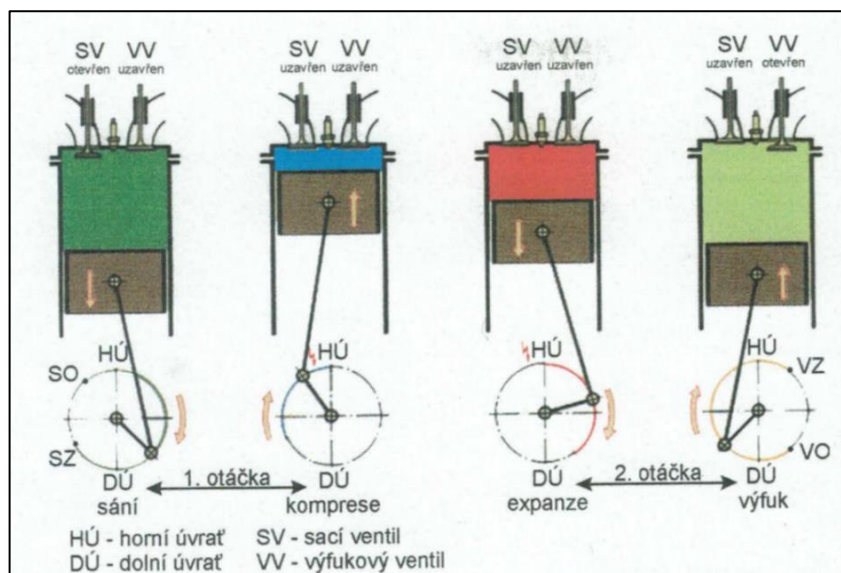
K zapálení paliva dochází samovznícením vlivem vysoké teploty při stlačení směsi.[3]

Podle principu činnosti.

- Čtyřdobý motor [3]
- Dvoudobý motor [3]

2.4 Čtyřdobý motor

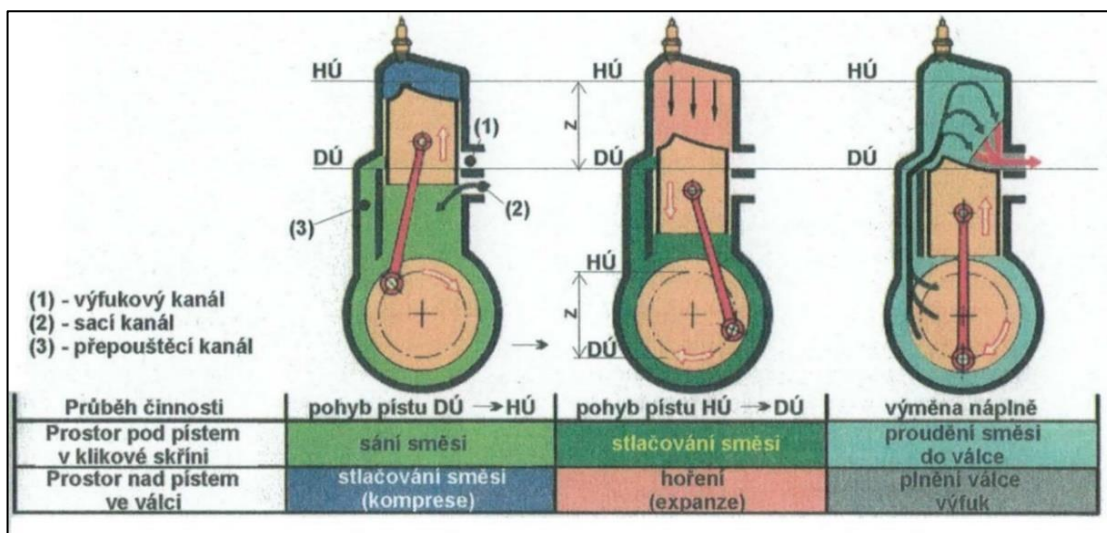
Tento motor při dvou otáčkách klikové hřídele vykoná cyklus, který je rozdělen do čtyř po sobě jdoucích pracovních dob. Časování jednotlivých dob probíhá za pomoci ventilů a rozvodového mechanismu. Při první pracovní době, která se nazývá sání je sací ventil otevřený a výfukový ventil zavřený. Píst se pohybuje směrem do dolní úvrati a dochází k sání čerstvé směsi paliva a vzduchu do válce. Následuje uzavření sacího a výfukového ventilu, píst se pohybuje směrem k horní úvrati a dochází ke stlačení směsi. Tuto pracovní dobu nazýváme komprese. Před horní úvratí dojde k zapálení směsi. U zážehových motorů za pomoci zapalovací svíčky, u vznětových motorů samovznícením, což způsobí nárůst tlaku a teploty. Tlak dosáhne maxima v horní úvrati a píst se jeho působením pohybuje směrem dolů. V této pracovní době, zvanou expanze, koná píst užitečnou práci, která se dále přenáší ojnicí na klikový hřídel. Pracovní cyklus je zakončen výfukem, kde se píst pohybuje směrem nahoru a vytlačí při otevřeném výfukovém ventilu spaliny ven z válce.[3]



Obrázek 2.2 - Princip funkce čtyřdobého spalovacího motoru [4]

2.5 Dvoudobý motor

Tento motor vykoná pracovní cyklus za 1 otáčku klikové hřídele. K výměně paliva a spalin ve spalovacím prostoru neprobíhá pomocí rozvodového mechanismu jako u čtyřdobého motoru, ale uskutečňuje se prostřednictvím kanálů ve stěně válce. Ke konání pracovního cyklu dochází nad i pod pístem. Jelikož je palivo přiváděno i do klikové skříně motoru, je třeba do paliva přimíchávat mazací olej. Mezi nejjednodušší typ dvoudobého motoru patří tříkanálový dvoudobý motor. Motor se skládá ze tří druhů kanálů: sacího, výfukového a přepouštěcího. Jak již napovídá název motoru, pracovní cyklus je rozdělen do dvou po sobě jdoucích dob. Při první době se píst pohybuje do horní úvratí, uzavírá výfukový a přepouštěcí kanál a vytvořeným podtlakem do prostoru klikové skříně nasává směs paliva. Zároveň v této pracovní době dochází nad pístem ke kompresi paliva z předešlého cyklu. Před horní úvratí dojde k zapálení směsi, která způsobí nárůst tlaku a teploty, píst se pohybuje směrem dolů, dochází k zavření sacího kanálu a k otevření výfukového a přepouštěcího kanálu. Nastane takzvaný výplach, kdy čerstvá směs vytlačí spaliny výfukovým kanálem ven z válce.[4]



Obrázek 2.3 - Pracovní cyklus dvoudobého spalovacího motoru [4]

2.6 Pracovní oběhy spalovacích motorů

Vzhledem k tomu, že se moje bakalářská práce v oblasti teorie zabývá spalovacími motory pro mobilní aplikace a tyto motory jsou v drtivé většině zastoupeny pístovými čtyřdobými spalovacími motory, budu se v této podkapitole zabývat pouze jimi.

Pracovní oběhy spalovacích motorů můžeme rozdělit na:

- **Oběh ideálního motoru**

Tento oběh zjednodušuje skutečné změny pracovní látky na základní vratné změny ideálního plynu. Navíc se u tohoto oběhu uvažuje, že složení a množství pracovní látky zůstává konstantní.[3]

- **Oběh idealizovaného motoru**

Oběh vychází z matematického modelu, do kterého se zahrnují různé ztráty motoru, změna chemického složení paliva apod. Charakterem se blíží k oběhu skutečného motoru [3,7]

- **Oběh skutečného motoru**

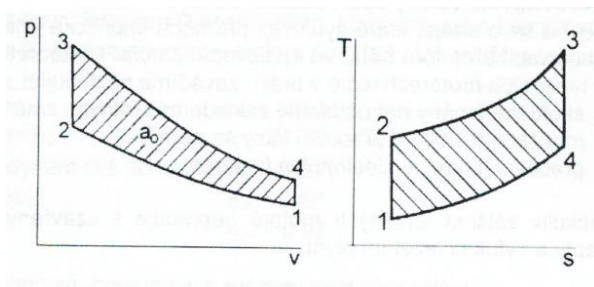
U tohoto oběhu skutečné změny pracovní látky zjišťujeme měřením v závislosti na poloze pístu. Získáváme tzv. indikátorový diagram.[7]

Ideální oběh zážehového motoru

Podkapitola včetně vzorců vychází z literatury [11]

Ideální oběh zážehového motoru se skládá ze 4 termodynamických změn:

- 1-2 adiabatická komprese směsi paliva,
- 2-3 izochorické hoření směsi paliva,
- 3-4 adiabatická expanze spalin,
- 4-1 izochorický výfuk spalin.



Obrázek 2.4 - Ideální oběh zážehového motoru [10]

Termickou účinnost oběhu lze spočítat ze vztahu (2.1).

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \quad [-] \quad (2.1)$$

Kde ε je kompresní poměr a κ je adiabatický exponent.

Kompresní poměr je možno vypočítat ze vztahu (2.2).

$$\varepsilon = \frac{V_2}{V_1} \quad [-] \quad (2.2)$$

Kde V_1 je objem válce v dolní úvrati pístu a V_2 je objem válce při horní úvrati pístu.

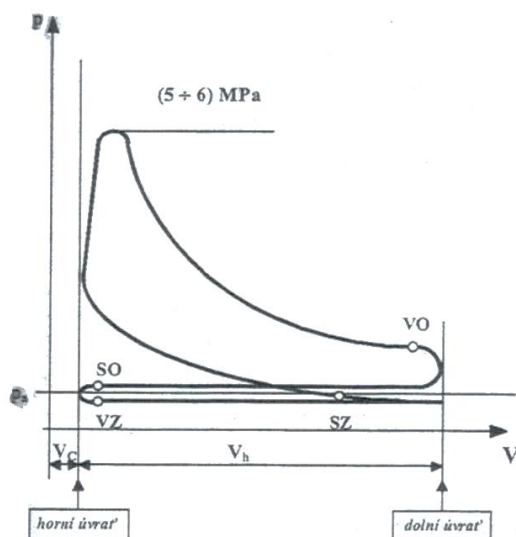
Z rovnice (2.1) si lze všimnout, že se zvyšováním kompresního poměru se docílí vyšší termické účinnosti oběhu. Ve skutečném provozu spalovacího motoru je však termická účinnost limitována konstrukčními a provozními parametry.

Skutečný oběh čtyřdobého zážehového motoru

Oproti ideálním oběhům dochází u skutečných oběhů k výměně pracovní náplně. U čtyřdobých nepřepřlňovaných motorů tím dochází ke vzniku negativní plochy, která na

indikátorovém diagramu představuje negativní práci a snižuje mechanickou účinnost motoru. U přeplňovaných motorů bývá většinou tato plocha pozitivní. [3,12]

Komprese a expanze je u skutečného motoru polytropická s proměnlivým polytropickým exponentem. Kromě ztrát tepelných započítáváme i ztráty hydraulické. Spalování směsi paliva probíhá omezenou rychlostí, což v indikátorovém diagramu můžeme sledovat zaoblením křivky oběhu v místě hoření náplně. [3]



Obrázek 2.5 - Indikátorový diagram čtyřdobého zážehového motoru [3]

3. Popis a charakteristika řešeného motoru 1.0 TSI 70 kW

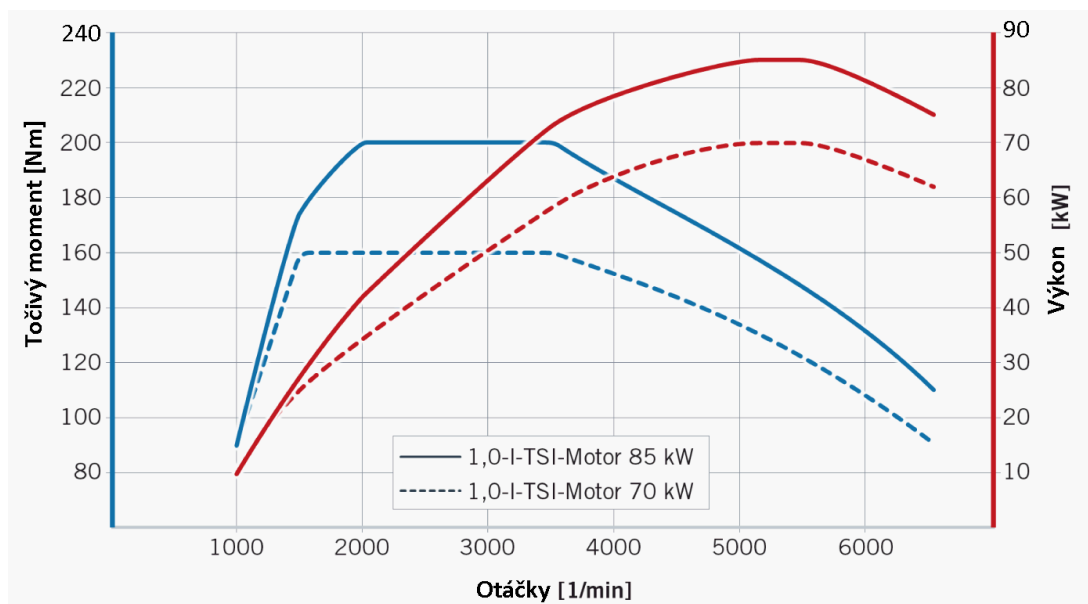
Motor 1.0 TSI modelové řady EA211, která od roku 2011 nahrazuje starší řadu EA111, byl poprvé představen v roce 2017. Jedná se o zážehový řadový turbodmychadlem přeplňovaný tříválec s přímým vstřikováním paliva. Jde o typický příklad downsizingového motoru. Tento motor je v modulárním provedení vyráběn ve výkonových stupních od 70 kW do 85 kW, přičemž je využíván v automobilech značky Škoda, Volkswagen, Seat a Audi.[8,9] Mnou řešený motor je 70 kW verze, která je nabízena v modelech automobilů Škoda Fabia a Škoda Rapid.

Kompaktní hliníková konstrukce zaručuje nízkou hmotnost motoru, která činí 78 kg. Malý objem a nízká hmotnost motoru snížily ztráty vzniklé třením. Kliková skříň a hlava válců jsou rozděleny do dvou chladících okruhů.[9]

3.1 Parametry motoru 1,0 TSI 70 kW

Tabulka 3.1 - Technická specifikace motoru [9]

Počet válců	3
Zdvihový objem	999 cm³
Vrtání	74,5 mm
Zdvih	76,4 mm
Počet ventilů na válec	4
Maximální výkon	70 kW při 5000-5500 min⁻¹
Maximální točivý moment	160 Nm při 1500-3500 min⁻¹
Kompresní poměr	10,5:1
Plnění	Elektronicky řízené přímé vstřikování paliva
Mazání	Tlakové oběžné s plno průtokovým olejovým filtrem.
Palivo	min. Natural 95
Emisní norma	EU 6



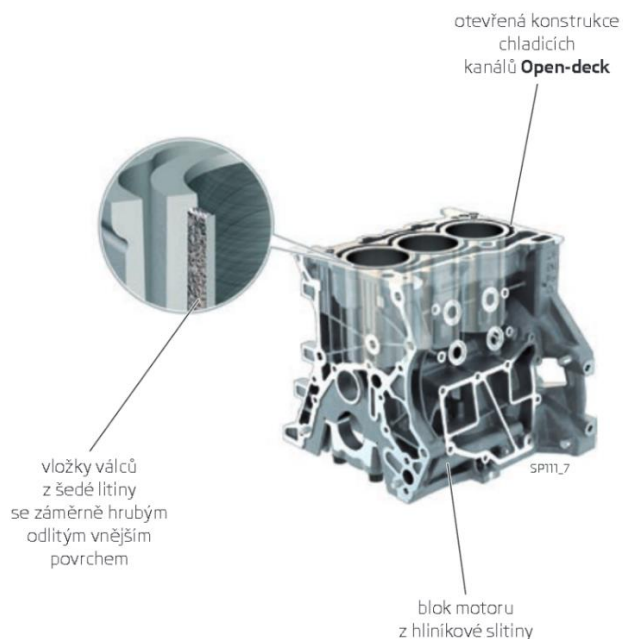
Obrázek 3.1 -Porovnání výkonových křivek motoru 1.0 TSI 85 kW a 1.0 TSI 70 kW
[13]

3.1.1 Popis vybraných částí motoru

Blok válců

Blok válců je tlakový odlitek z hliníkové slitiny v konstrukčním provedení s otevřeným chladicím prostorem, tzv. Open-deck. Open-deck konstrukce přináší výhody ve formě jednodušší a levnější výroby bloku. Oproti konstrukci Closed-deck dochází k lepšímu odvodu tepla z nejvíce zatěžované horní části válců. Při sešroubování hlavy válců s blokem motoru dochází u Open-deck konstrukce k nízké deformaci vložky válce.[9]

Vložky válců jsou vyrobeny z šedé litiny s hrubě odlitým vnějším povrchem. Tím se dosáhne lepší přilnavosti vložky s materiálem bloku motoru. Vnitřní honovaný povrch vložky umožnil zmenšit předpětí pístních kroužků a tím i snížil ztráty vzniklé třením.[9]



Obrázek 3.2 - Blok motoru 1.0 TSI [9]

Turbodmychadlo

Nároky kladené na turbodmychadlo souvisí s jízdními výkony, které jsou typické pro TSI. Patří mezi ně rychlé reakce motoru při sešlápnutí plynu a vysoký kroutící moment při nízkých otáčkách motoru. Kromě kompaktního uspořádání sací soustavy byla provedena další opatření na výfukovém turbodmychadle. Úhel obtékání oběžného kola výfukové turbíny byl zvolen tak, aby se snadno překonával moment setrvačnosti oběžného kola turbíny. Díky tomu dosáhne oběžné kolo turbíny rychleji vysokých otáček. Obtoková klapka wastegate, která reguluje procházející množství spalín turbínou se nastavuje pomocí servomotoru, který má velmi rychlou odezvu a vysokou ovládací sílu. Tato opatření umožnily dosáhnout plnicího přetlaku až 1,6 bar. Výfuková skříň turbodmychadla je vyrobena z ocelolitiny, která odolává teplotě výfukových plynů až do 1050 °C. [9]

Chlazení plnicího vzduchu

Stlačením vzduchu v turbodmychadlu dochází k jeho nežádoucímu ohřátí. Je třeba vzduch ochladit. Stlačený vzduch je veden do chladiče zabudovaného v modulu sacího potrubí. Výhoda tohoto provedení je, že malý objem vzduchu na celé jeho trase lze rychle stlačit. Tím se dosáhne rychlého nárustu tlaku a reakce motoru. Krátká je také trasa stlačeného vzduchu od turbodmychadla až ke chladiči. Chladič je typu vzduch-voda, který je zapojen do chladicího okruhu motoru. Při vypnutí motoru dojde k dochlazování

turbodmychadla přirozenou cirkulací vody, kde teplota vody o nižší teplotě vytlačuje vodu o teplotě vyšší. [8,9]

Hlava válců a skříň vačkových hřídelů

Hlava válců je vyrobena z hliníkové slitiny tlakovým litím do kovové formy. Integrované výfukové potrubí využívá efektivně tepelnou energii spalín a tím dochází k rychlému zahřátí motoru. Sací kanál je navržen tak, že v něm dochází k vysoké rychlosti proudění směsi bez omezování průtočného množství. Dobrou tvorbu směsi zajišťuje válcovitý tvar vstupního kanálu nasávaného vzduchu. Na každý válec připadá čtyřventilová technika s vlečenými vahadly s kladkou a vymešovými prvky. Výfukové ventily jsou plněny sodíkem pro lepší odvod tepla a sedla ventilů jsou vyrobena z velice odolných materiálů. [8,9]

Skříň vačkových hřídelů je také vyrobena z tlakového hliníkového odlitku a společně s oběma vačkovými hřídeli tvoří nerozebíratelný celek. Není tedy možno vačkové hřídele demontovat. Ke zlepšení průběhu výkonu v nízkých a vysokých otáčkách dochází k variabilnímu časování ventilů za pomoci hydraulického natáčení sacích a výfukových vaček. Výfuková vačka se dokáže přenastavit až o 40° od své výchozí polohy a sací vačka dokonce o 50°. [8,9]

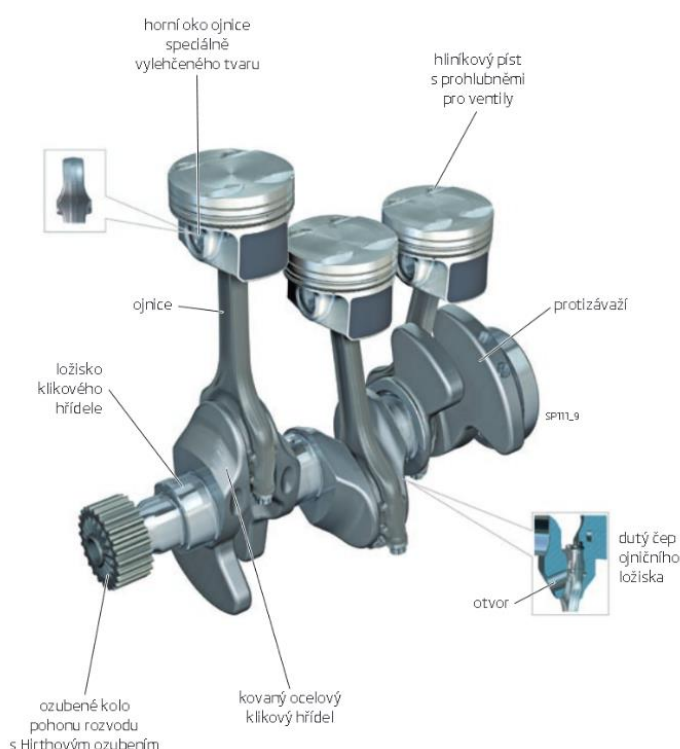
Palivová soustava

Palivo je vysokotlakým čerpadlem vstřikováno do spalovacího prostoru pod tlakem v rozmezí 120 až 250 bar. Rozdělovací trubka je vzhledem k vysokým tlakům vyrobena z nerezové oceli. Tvar pětiotvorových vstřikovacích ventilů umožňuje palivu vstupovat do spalovacího prostoru ve formě optimálních paprsků, které zajišťují velmi dobrou tvorbu směsi v širokém pásmu otáček. Tím klesá spotřeba paliva, množství výfukových emisí a vnikání paliva do motorového oleje. Vícenásobné vstřikování paliva (až tři vstřiky) u studeného motoru umožňuje bezproblémový start i v zimě. [9]

Klikový mechanismus

Klikový mechanismus je zkonstruován tak, aby bylo dosaženo co nejmenších posuvných hmot a tření. Čtyřikrát uložená kliková hřídel zmenšuje pomocí svých protizávaží vnitřní

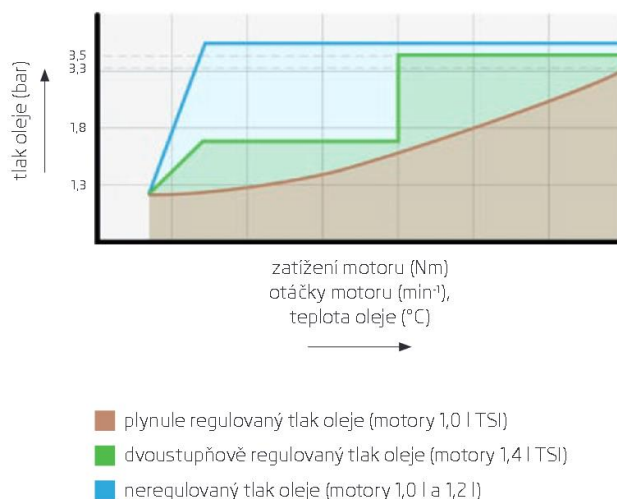
síly v klikové hřídeli, a tak i její zatížení. Z důvodu systému vypínání motoru Start-Stop je první ložisko klikové hřídele opatřeno polymerovým povlakem, který zvyšuje odolnost proti opotřebení. Kované ojnice a hliníkové písty jsou z hlediska hmotnosti optimalizovány tak, že se motor obejde i bez vyvažovací hřídele. . Ke snížení tření došlo zmenšením klikových a ojnicích ložisek. Velká oka ojnice se vyrábějí tzv. lámací metodou. Malé oko ojnice má v místě s menším namáháním speciálně odlehčený tvar, čímž se snížila hmotnost a tření. Dalšího zmenšení hmotnosti se dosáhlo díky dutým ojnicím čepům ložisek. Mělké prohlubně na dně pístu způsobují rovnoměrné rozdělení teploty a zároveň snižují hmotnost. Dále byla u pístu zvětšena montážní vůle, což má za následek snížení tření ve válci. Pístní čepy jsou opatřeny speciálním uhlíkovým povlakem, který výrazně snižuje opotřebení. [9]



Obrázek 3.3 - Popis klikového mechanismu motoru 1.0 TSI [9]

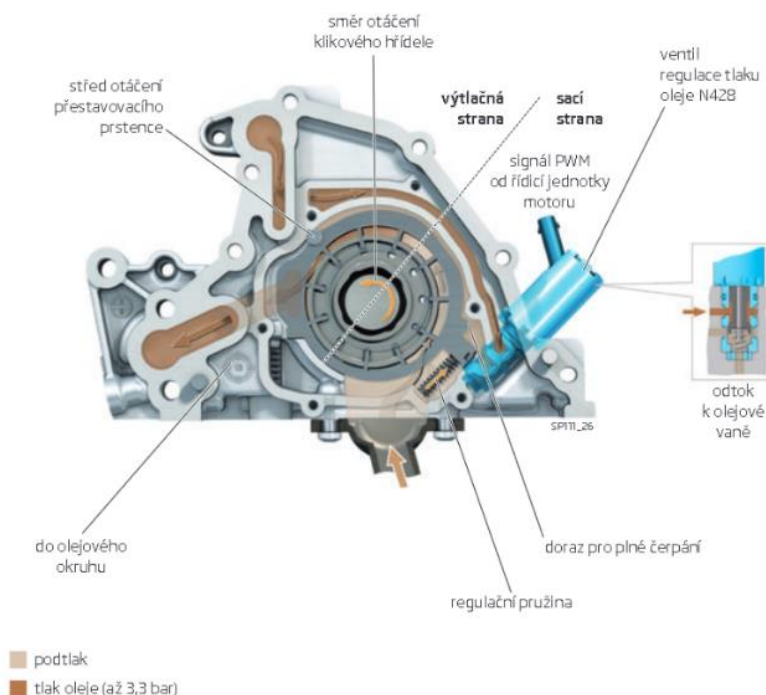
Olejové čerpadlo

Oproti čtyřválcovým motorům 1.4 TSI, kde je regulace tlaku oleje dvoustupňová, u tohoto motoru dochází k plynulé regulaci v rozmezí přetlaku 1,3 až 3,3 bar. Regulace probíhá v závislosti na zatížení, otáčkách a teplotě prostřednictvím olejového čerpadla s lopatkovými komůrkami. Čerpadlo je přímo poháněno klikovou hřídelí. Plynulou regulací se docílí snížení příkonu olejového čerpadla a také se sníží opotřebení motorového oleje díky jeho menší cirkulaci.[9]



Obr.3.4 - Porovnání příkonu olejových čerpadel [9]

K regulaci tlaku oleje dochází otáčením excentricky uloženého přestavovacího prstence, který nastavuje velikost prostorů jednotlivých komůrek. Pokud řídicí jednotka dá pokyn regulačnímu ventilu tlaku, aby čerpadlo dopravovalo maximální množství oleje, regulační pružina ventilu otočí přestavovacím prstencem proti směru hodinových ručiček. Pokud chce naopak tlak snížit, stane se opačný děj-přestavovací prstenec se otočí po směru hodinových ručiček.[9]



Obrázek 3.5 - Popis lopatkového komůrkového čerpadla [9]

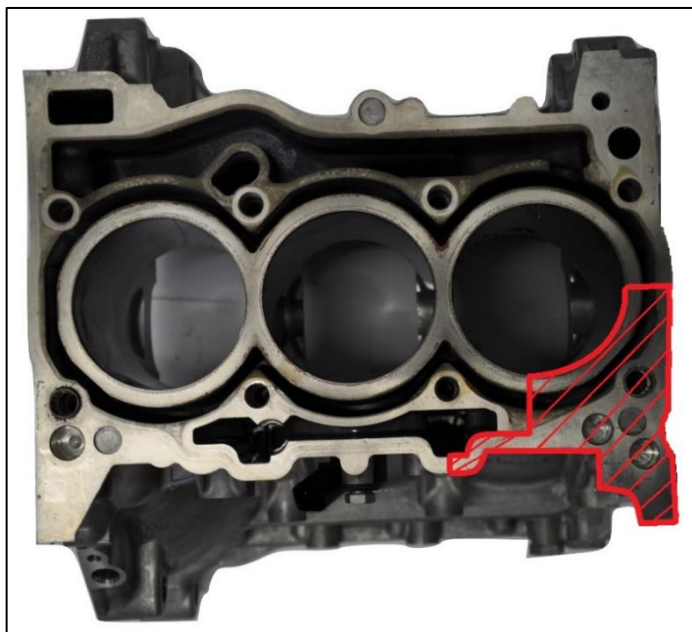
4. Teoretický návrh řešení výukového modelu

4.1 Návrh řezů motoru

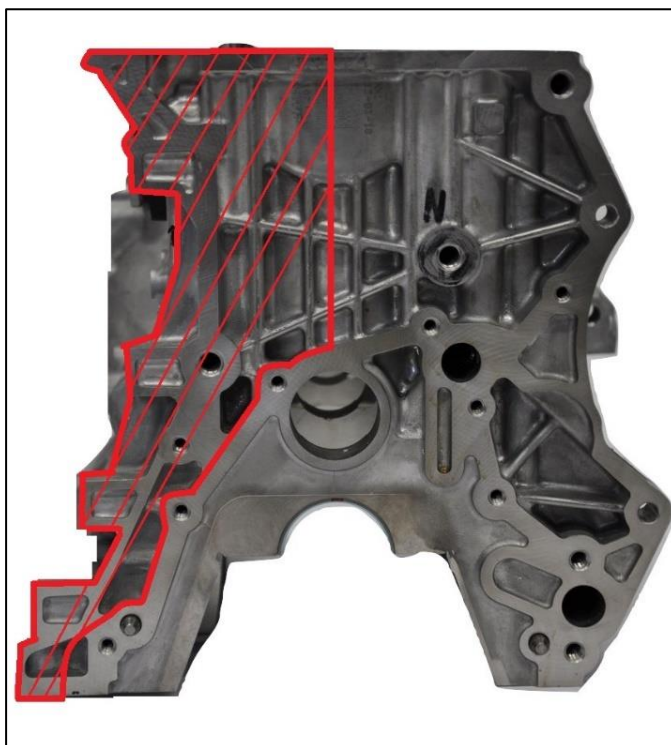
Řezy jednotlivými částmi motoru jsem volil tak, aby bylo dosaženo nejen co největší názornosti a pochopitelnosti pro studenty, kteří se s učební pomůckou budou seznamovat, ale také aby hlavní pohyblivé části motoru byly schopné pohybu i po provedení řezu. Z estetického hlediska jsem dbal na to, aby řezy hlavních částí motoru (olejová vana, blok motoru, hlava válce, vačková skříň) po smontování na sebe plynule navazovaly a tím vznikl jednotný vertikální řez.

Návrh řezu bloku motoru

Řez jsem zvolil z výfukové strany bloku z důvodu, že po složení motoru nebude řez zakrývat žádné jiné příslušenství. Cílem bylo odhalení pracovního a spalovacího prostoru prvního válce, což umožní studentům lépe pochopit princip spalovacího motoru s přímočarým pohybem pístu. Řez také odhalí část klikové skříňe a sběrný olejový kanál, kterým se dosáhne lepší názornosti k pochopení kolování oleje v motoru.



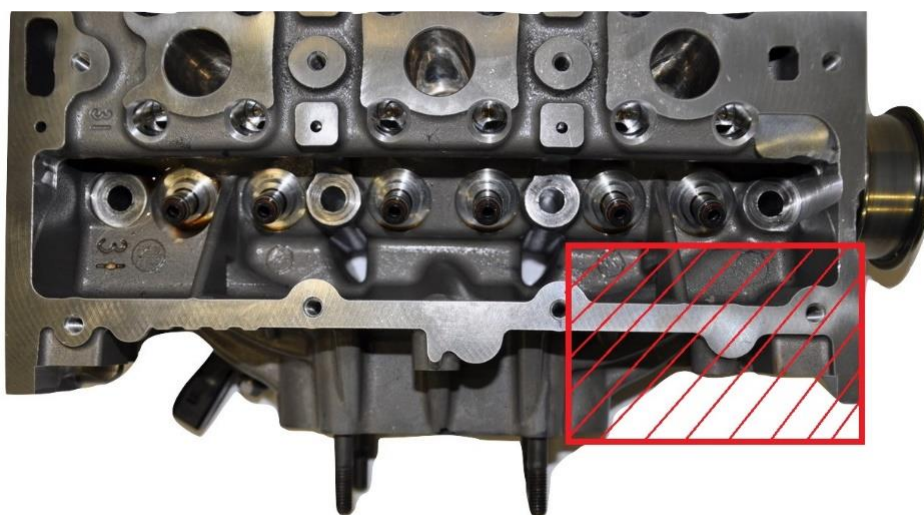
Obrázek 4.1 - Návrh řezu bloku motoru - pohled shora [Autor]



Obrázek 4.2 - Návrh řezu bloku motoru – pohled z boku [Autor]

Návrh řezu hlavy válců

Řez jsem navrhl tak, aby byly názorně vidět jednotlivé komponenty hlavy válců, jako ventily, hydraulická zdvihátka s vahadly a ventilové pružiny. Tím se studenti lépe seznámí s problematikou rozvodového mechanismu. Řezem se také odhalí část integrovaného výfukového potrubí vedoucí z prvního válce.



Obr.4.3 Návrh řezu hlavy válců [Autor]

Návrh řezu vačkové skříně

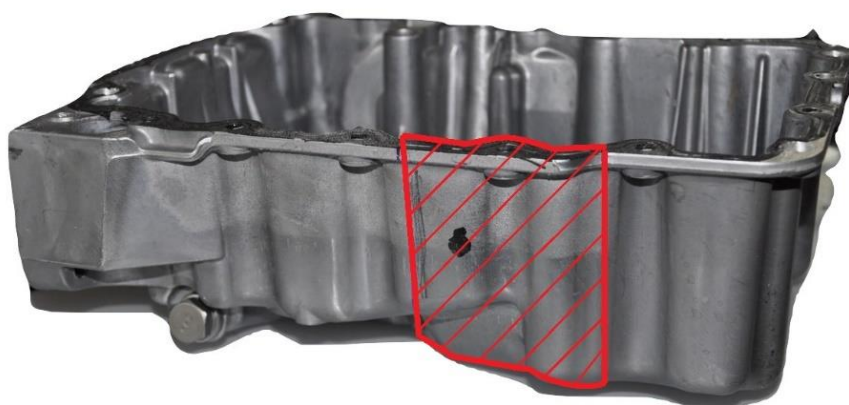
Cílem řezu bylo odhalení výfukové vačkové hřídele. Bylo třeba brát ohled na nerozebíratelné uložení vačkové hřídele a nijak do něj řezem nezasáhnout.



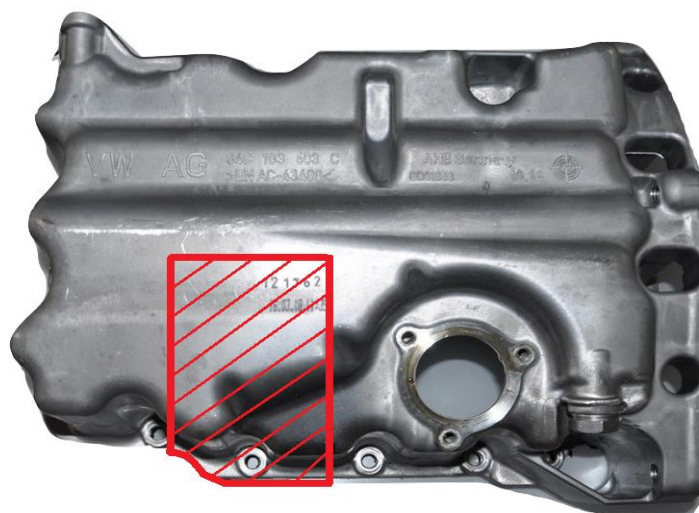
Obrázek 4.4 - Návrh řezu vačkové skříně [Autor]

Návrh řezu olejové vany

Návrh řezu měl za cíl odhalení vnitřních útrobní olejové vany. Uvnitř bude možno vidět snímač hladiny oleje a sací potrubí olejového čerpadla, což v kombinaci s řezem sběrného potrubí na bloku motoru ještě více usnadní pochopení proudění oleje v motoru.



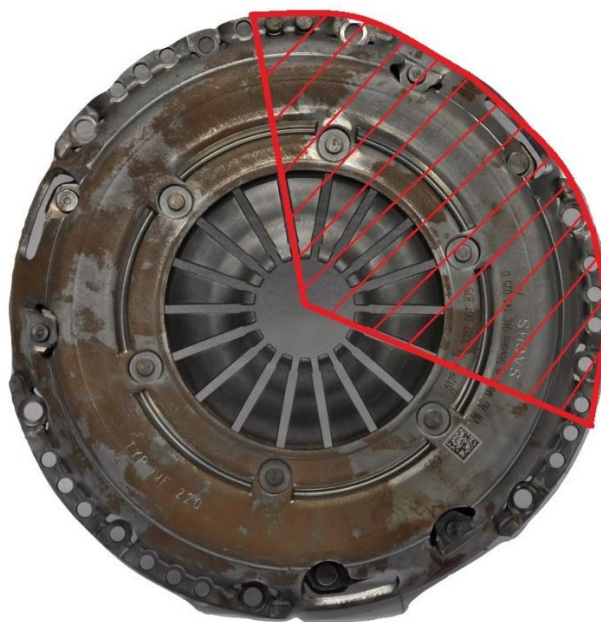
Obrázek 4.5 - Návrh řezu olejové vany-čelní pohled [Autor]



Obrázek 4.6 - Návrh řezu olejové vany-spodní pohled [Autor]

Návrh řezu přitlačného talíře spojky

Řez jsem zvolil tak, aby byla odstraněna asi $\frac{1}{4}$ přitlačného talíře. Řez byl veden tak, aby nezasahoval do nýtových spojů, které by zkomplikovaly uřezání talíře. Po provedení řezu a přimontování k setrvačníku se odhalí část spojkové lamely, která přiléhá k talíři spojky a tím se usnadní pochopení principu funkce spojky.



Obrázek 4.7 - Návrh řezu spojkového talíře [Autor]

Návrh řezu těla vodního čerpadla

Řez jsem navrhl s cílem odhalení termostatu prvního okruhu, čímž studenti lépe pochopí princip jeho funkce. Zároveň jsem řez vedl kolem stěny kola odstředivého čerpadla, které se odhalí po provedení řezu.



Obrázek 4.8 - Návrh řezu těla vodního čerpadla [Autor]

Návrh řezu držáku motoru

Původně jsem uvažoval, že držák motoru z důvodu lepšího nahlédnutí na celý řemenový rozvod pouze odmontuji a již se ve výukovém modelu neobjeví. Nakonec jsem se rozhodl držák zachovat a pouze uříznout část, která překážela k výhledu. Řez usnadnil nahlédnutí na automatický napínák řemenu a řemenici výfukové vačky.



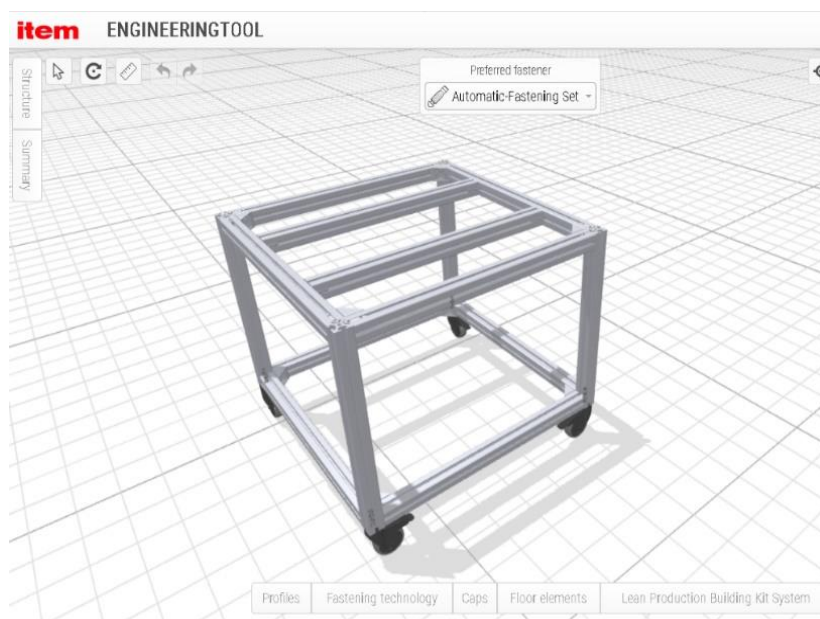
Obrázek 4.9 - Návrh řezu držáku motoru [Autor]

4.2 Návrh mobilního nosného rámu

Z hlediska mobility učební pomůcky bylo třeba navrhnout rám, na který by se motor uchytil a bylo ho možné dle potřeby libovolně přemísťovat. Původně jsem zamýšlel rám zhotovit z ocelových čtvercových profilů, které by se k sobě nerozebíratelně spojily svařením. Nakonec jsem se rozhodl pro stavebnicový hliníkový systém od společnosti Haberkorn s.r.o. Zaujala mě především jeho jednoduchá montáž za pomoci rozebíratelných spojovacích prvků. Dále se tím zjednodušila záležitost se zakrytváním rámu díky postranním drážkám profilu, do kterých je možno bez problému vložit jednotlivé krycí desky. Zároveň se mi líbila matná hliníková barva profilů.

Rám byl navržen v 3D online programu Engineering tool od společnosti ITEM. Program disponuje bohatou knihovnou výrobků, díky níž bylo možno jednoduše vytvořit rám dle mých představ. Navrhl jsem jednoduchou rámovou konstrukci, která bude opatřena kolečky s brzdou k zamezení pohybu. K dosažení vyšší pevnosti rámu jsem se rozhodl přidat do rohů rámu úhelníkové výztuhy. Při volbě hlavních rozměrů jsem uvažoval, aby rám svou velikostí umožňoval průchod i menšími dveřmi, minimální šíře 70 cm. Výška rámu byla volena tak, aby se studenti při zkoumání nemuseli nad modelem zbytečně naklánět nebo ohýbat.

Uchycení motoru jsem nejprve navrhoval za pomoci dvou konzolí, kterými by se pevně uchytila olejová vana k rámu. Tento způsob uchycení by však zakryl řez olejovou vanou. Proto jsem se rozhodl k uchycení pomocí závitových tyčí, které se našroubují do každého rohu bloku motoru.



Obrázek 4.10 - Návrh rámu v programu Engineeringtool [Autor]

Tabulka 4.1 - Náklady na realizaci rámu

Položka	Množství	Cena za jednotku	Celková cena
Profil 8 40x40	8,2 m	679,- Kč	5568,-Kč
Kolo s brzdou	4 ks	440,- Kč	1760,-Kč
Spojovací úhelník	8 ks	220,-Kč	1760,-Kč
Spojovací prvek	29 ks	106,-Kč	3074,-Kč
Nařezání profilů	14 ks	52,-Kč	728,-Kč
Celkem	-	-	12890,-Kč

5. Realizace výukového modelu

5.1 Realizace řezů motoru

Řezy jsem se snažil provést za použití nástrojů, se kterými jsem byl schopen sám pracovat. Mezi ně patřila hlavně úhlová bruska, která za použití různých kotoučů sloužila nejen k řezání, ale také k broušení. Jako skvělá pomůcka při opracování špatně přístupných míst se mi osvědčila mikrobruska s různými vyměnitelnými nástavci. Avšak na některé řezy z důvodu jejich složitosti musely být použity sofistikovanější obráběcí stroje. Odřezané plochy jsem pro lepší zviditelnění natřel červenou barvou.

Realizace řezu bloku motoru

Řez jsem provedl pomocí úhlové brusky s řezným kotoučem určeného k řezání hliníku. Řezání probíhalo postupným odebíráním materiálu v místě uvažovaného řezu. Bylo třeba dbát zvýšené opatrnosti při řezu sběrného olejového kanálu, aby kotouč neřezal i jeho protější stěnu. Po provedení řezu úhlovou bruskou ještě nebylo dosaženo požadované rovinnosti jednotlivých ploch. Proto jsem se rozhodl vzít blok motoru na horizontální frézku, která zarovнала jednotlivé povrchy do finální podoby. V místě bloku motoru, kde bylo uchyceno olejové čerpadlo jsem finálního povrchu dosáhl za použití mikrobrusky s brusným a leštícím kotoučem.



Obrázek 5.1 - Řez bloku motoru [Autor]

Realizace řezu hlavy válců

K provedení řezu bylo třeba nejprve odmontovat výfukové ventily speciálním přípravkem na stahování ventilových pružin. Původně jsem zamýšlel provést řez za pomoci úhlové brusky. Nakonec jsem ale tento způsob zavrhl z důvodu velké tloušťky řezaného materiálu a složitosti řezu. Hlavu válců jsem se rozhodl vzít na vodní paprsek do společnosti Hydrojet s.r.o., kde byl odborně odřezán kus požadovaného materiálu. Po provedení řezu byl však povrch v některých místech velice nerovný vlivem výběhu paprsku. Proto jsem hlavu válců vzal na horizontální frézku, kterou byly nerovnosti odstraněny. Nakonec jsem provedl odjehlení hran za pomoci mikrobrusky s frézovacím nástavcem.



Obrázek 5.2 - Řez hlavy válců [Autor]

Realizace řezu vačkové skříně

Ještě před samotným řezem bylo třeba smontovat řemenici výfukové vačky. Řez jsem provedl za pomoci úhlové brusky. Bylo třeba dávat pozor, aby řezný kotouč při řezání nezasáhl i vačkovou hřídel. Nerovnosti povrchu byly zarovnány mikrobruskou.



Obrázek 5.3 - Řez vačkové skříně [Autor]

Realizace řezu olejové vany

Tento řez byl velmi jednoduchý a provedl jsem ho pomocí úhlové brusky. K finální rovinnosti povrchu jsem se dostal za pomoci excentrické brusky s brusným nástavcem.



Obrázek 5.4 - Řez olejové vany [Autor]

Realizace řezu přitlačného talíře spojky

Přítlačný talíř spojky se skládal z několika částí, které jsem úhlovou bruskou s řezným kotoučem postupně odřezal. K dorovnání povrchu byla také použita úhlová bruska se speciálním nástavcem na brusný papír.



Obrázek 5.5 - Řez přitlačného talíře spojky [Autor]

Realizace řezu těla vodního čerpadla

Před samotným řezem jsem odmontoval termostat prvního okruhu. Tělo vodního čerpadla, které je vyrobeno z plastu jsem opatrně rozřezal ruční pilkou. Ve špatně dostupných místech přišla na řadu mikrobusek se speciálním řezným kotoučem na plast. K zarovnání hran jsem použil jemný pilník.



Obrázek 5.6 - Provedení řezu vodním čerpadlem [Autor]

Realizace řezu držáku motoru

Z důvodu dlouhého řezu jsem se rozhodl nechat držák uřezat odborně pásovou pilou na obráběcím centru.



Obrázek 5.7 - Řez držáku motoru [Autor]

5.2 Realizace mobilního nosného rámu a uchycení motoru

Rám byl od dodavatele doručen přepravní službou ve formě stavebnice. Bylo třeba ho složit podle návodu, který byl vytvořen programem Engineeringtool při navrhování rámu. S hliníkovými profily bylo třeba manipulovat velice opatrně, jelikož jejich povrch byl velice náchylný na poškrábání. Spojení jednotlivých profilů mezi sebou jsem provedl za pomoci spojovací sady, která se skládala z několika částí. V první řadě bylo třeba zavrtat do podélné drážky spojovaného profilu speciální šroub, který měl na vnější straně samořezný levotočivý závit. Uvnitř šroubu se nacházela průchozí díra, kterou se z druhé strany prostrčil šroub s imbusovou hlavou. Do drážky druhého spojovaného profilu se vložil speciální člen, který měl v sobě průchozí závit. Spojením dvou profilů se dosáhlo zašroubováním šroubu s imbusovou hlavou do závitu speciálního členu. K přišroubování koleček bylo třeba ručním závitníkem do hliníkových profilů vytvořit závit. Ten jsem vyrobil v průchozí díře, která se nacházela v samotném profilu.



Obrázek 5.9 - Systém spojovacích systémů společnosti Haberkorn [14]

K zakrytování rámu jsem se rozhodl použít lehčené PVC desky bílé barvy, které byly objednány a nařezány na požadovaný rozměr ve firmě Valter Špalek s.r.o. Instalace bočních desek probíhala jednoduchým vsunutím do drážek profilů.

K uchycení rámu pomocí závitových tyčí bylo třeba vytvořit čtyři závity M10 do bloku motoru. Využil jsem již existujících závitů, které v bloku sloužily k uchycení olejové vany. Tyto závity jsem převrtal na doporučený průměr díry pro závit M10. Ručními závitníky jsem vytvořil závit a poté jsem do nich zašrouboval závitové tyče. Do uchycovacích profilů rámu bylo třeba vyvrtat čtyři průchozí díry, kterými se provlekly závitové tyče. Do vrchního

plastového krytu rámu jsem rovněž vyvrtal díry na protáhnutí těchto tyčí. Závitové tyče zašroubované v motoru se tedy musely provléct vanou motoru, plastovou deskou a vyvrtanými dírami v rámu motoru. Nastavení výšky motoru jsem dosáhl za pomoci matic, které se opřely o olejovou vanu. Polohu matic na závitové tyči jsem nastavil vodováhou tak, aby motor stál vodorovně. Závitová tyč se poté stáhla samojistnými maticemi ze spodní strany provrtaných profilů. Finální vzhled výukového modelu můžeme vidět na obr. 3.10.



Obrázek 5.10 - Výukový model [Autor]

6. Návrhy na vylepšení výukového modelu

Během realizace výukového modelu mě napadla spousta dalších vylepšení, které by se na motoru daly provést. Některé nápady jsem z časových důvodů již nestihl uskutečnit. Jednalo se hlavně o provedení dalších řezů jako:

- Řez sacího potrubí v místě chladiče stlačeného vzduchu, což by umožnilo lépe znázornit trasu proudění stlačeného vzduchu.
- Řez samotného chladiče stlačeného vzduchu.
- Řez v místě vysokotlaké části palivového čerpadla, které je důležitým systémem v přepínávaných motorech.

V plánu byl také řez turbodmychadla ze strany stlačeného vzduchu. Nakonec jsem se ho ale rozhodl nechat tak jak je, jelikož řez by zakrýval regulační servomotor klapky wastegate. Místo toho bych doporučil požádat Škodu Auto o dodání celého turbodmychadla, které by se k modelu mohlo přiložit jako samostatný celek. Vzhledem k tomu, že části turbodmychadla k sobě drží jenom pomocí kovové objímky, nebylo by problém si turbodmychadlo rozdělat a podrobně se seznámit s jednotlivými částmi.

Další vylepšení, které by se daly provést, by dle mého názoru vystačily v obsáhlosti i na další bakalářskou práci. Mezi ně patřily:

- Rozpohybování modelu za pomoci elektromotoru, který by znázornil pracovní chod spalovacího motoru.
- Vytvoření stručné a pochopitelné příručky ke spalovacímu motoru
- Za pomoci endoskopické kamery, která by se prostrčila závitěm na zapalovací svíčku, by se společně s rozpohybováním motoru mohly sledovat jednotlivé události, dějící se přímo uvnitř motoru.
- Požádat Škodu Auto o zaslání olejového čerpadla, jehož vnitřní ocelový kryt by se nahradil krytem průhledným. Tím by bylo možné nahlédnout do útroby čerpadla a seznámit studenty s jeho funkcí.
- Přidání šuplíku do konstrukce rámu, ve kterém by se daly skladovat samostatné části motoru, jako například již výše zmíněné turbodmychadlo nebo olejové čerpadlo.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvoření výukového modelu z přeplňovaného tříválcového motoru 1.0 TSI 70 kW. Model by měl přinést zkvalitnění výuky předmětu „Spalovací motory a turbíny“, který je vyučován ve 4.ročníku na Katedře energetiky, FS, VŠB – TU Ostrava.

V teoretické části práce jsem se věnoval historickému vývoji spalovacích motorů a dále jejich základnímu rozdělení a principu funkce. Následoval popis a technická specifikace řešeného spalovacího motoru.

K návrhu vhodných řezů motoru bylo třeba se nejprve dokonale seznámit s motorem a pochopit jeho jednotlivé části. Motor byl poté kompletně rozebrán. K rozebrání motoru bylo třeba použít několik speciálních přípravků, jako například stahovák ventilových pružin nebo klíč na povolení olejového filtru. Na rozebraných částech motoru jsem navrhl řezy, které jsem poté za pomoci vhodné technologie obrábění zrealizoval. Na některé řezy stačila úhlová bruska, na některé bylo třeba složitějších obráběcích strojů. Řezy se povedly tak, jak jsem očekával a následovalo opětovné složení motoru.

Dalším bodem bakalářské práce bylo navrhnout a sestavit mobilní rám, na kterém se bude výukový model přemísťovat. Při návrhu rámu byl kladen důraz na jeho kompaktní rozměry a estetiku. Rám byl postaven ze systému hliníkových profilů od společnosti Haberkorn, do kterých se poté vložily plastové kryty z lehčeného PVC. Motor byl následně za pomoci závitových tyčí připevněn k samotnému rámu.

V předposlední kapitole práce se zabývám návrhy na vylepšení tohoto modelu, které by mohly být v budoucnu například ve formě nové bakalářské práce zrealizovány.

Touto bakalářskou prací jsem si ověřil svoji manuální zručnost při realizaci modelu. Zároveň jsem získal spoustu nových informací a poznatků ohledně problematiky nízko objemových přeplňovaných motorů, které nacházíme v posledních modelech automobilů koncernové společnosti Volkswagen.

Seznam použité literatury

- [1] STONE, Richard. *Introduction to internal combustion engines*. 4th ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, c2012. ISBN 978-0-230-57663-6.
- [2] REMEK, Branko. *Automobil a spalovací motor: historický vývoj*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3538-2.
- [3] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [4] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. 8. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o., 2016. ISBN 978-80-87143-37-7.
- [5] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [6] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.
- [7] KYSELA, Ladislav a Jiří TOMČALA. *Spalovací motory I*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0435-2.
- [8] Triválec Volkswagen Group 1.0 TSI – Kariérní postup | Automobil Revue. *Nejrozsáhlejší motoristický portál | Automobil Revue* [online]. Copyright © [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/technika/trivalec-volkswagen-group-1-0-tsi-karierni-postup_45572.html
- [9] ŠKODA AUTO. *Zážehový triválcový motor 1,0l TSI 85 kW řady EA 211: Dílenská příručka*. CZ, 2016. SSP00011115.
- [10] KADLEC, Zdeněk. *Termomechanika: návody do cvičení*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1736-1.
- [11] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Vyd. 3. přeprac., V Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2409-5.
- [12] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru*. Vyd. 3. Brno: Computer Press, 2009. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 978-80-251-2545-8.
- [13] Přehledné povídání o palivech | www.kosmonautix.cz. *www.kosmonautix.cz / Novinky ze světa kosmonautiky* [online]. Copyright © [cit. 19.05.2019]. Dostupné z: <https://www.kosmonautix.cz/2013/02/prehledne-povidani-o-palivech/>

- [14] Váš partner pro stavbu strojů | Haberkorn. *Váš partner pro stavbu strojů | Haberkorn* [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 19.05.2019]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/>
- [15] Dugald Clerk. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Dugald_Clerk

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 2.1 Schéma přeměny energie ve spalovacím motoru [2]

Obrázek 2.2- Princip funkce čtyřdobého spalovacího motoru [4]

Obrázek 2.3- Pracovní cyklus dvoudobého spalovacího motoru [4]

Obrázek 2.4 - Ideální oběh zážehového motoru [10]

Obrázek 2.5 - Indikátorový diagram čtyřdobého zážehového motoru [3]

Tabulka 3.1 - Technická specifikace motoru [9]

Obrázek 3.1 - Porovnání výkonových křivek motoru 1.0 TSI 85 kW a 1.0 TSI 70 kW [13]

Obrázek 3.2 - Blok motoru 1.0 TSI [9]

Obrázek 3.3 - Popis klikového mechanismu motoru 1.0 TSI [9]

Obrázek 3.4 - Porovnání příkonu olejových čerpadel [9]

Obrázek 3.5 - Popis lopatkového komůrkového čerpadla [9]

Obrázek 4.1 - Návrh řezu bloku motoru- pohled shora [Autor]

Obrázek 4.2 - Návrh řezu bloku motoru-pohled z boku [Autor]

Obrázek 4.3 - Návrh řezu hlavy válců [Autor]

Obrázek 4.4 - Návrh řezu vačkové skříně [Autor]

Obrázek 4.5 - Návrh řezu olejové vany – čelní pohled [Autor]

Obrázek 4.6 - Návrh řezu olejové vany-spodní pohled [Autor]

Obrázek 4.7 - Návrh řezu spojkového talíře [Autor]

Obrázek 4.8 - Návrh řezu těla vodního čerpadla [Autor]

Obrázek 4.9 - Návrh řezu držáku motoru [Autor]

Obrázek 4.10 - Návrh rámu v programu Engineeringtool[Autor]

Tabulka 4.1 - Nacení rámu [Autor]

Obrázek 5.1 - Řez bloku motoru [Autor]

Obrázek 5.2 - Řez hlavy válců [Autor]

Obrázek 5.3 - Řez vačkové skříně [Autor]

Obrázek 5.4 - Řez olejové vany [Autor]

Obrázek 5.5 - Řez přitlačného talíře spojky [Autor]

Obrázek 5.6 - Provedení řezu vodním čerpadlem [Autor]

Obrázek 5.7 - Řez držáku motoru [Autor]

Obrázek 5.9 - Systém spojování hliníkových profilů od společnosti Haberkorn [14]

Obrázek 5.10 - Výukový model [Autor]

Seznam příloh

[A] Výkresová dokumentace – Návrh mobilního nosného rámu

Poděkování

Velké poděkování patří vedoucímu mé práce, panu Ing. Petru Pavlíkovi, PhD, za cenné připomínky a rady a čas věnovaný konzultacím.

Dále děkuji společnosti Škoda Auto a.s. za poskytnutí motoru, ze kterého výukový model vznikal.

Rovněž děkuji Katedře energetiky, FS, VŠB – TU Ostrava za zafinancování mobilního rámu a různých nástrojů, které byly k realizaci modelu potřeba.